

**АНАЛИЗ НЕКОТОРЫХ МАССООБМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НАСАДОК ПРИ
РЕГЕНЕРАЦИИ ЭТИЛОВОГО СПИРТА
ANALYSIS OF SOME CHARACTERISTICS FOR MESH HEADS**

**Светлана Ивановна Бухкало, Николай Николаевич Зипунников,
Оксана Игоревна Ольховская,
Svetlana Ivanovna Buhkhalo, Nikolay Nikolayevich Zipunnikov, Oksana Igorevna Olkhovskaya**

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»,
Харьков, Украина
National Technical University «KhPI», Kharkiv, Ukraine
(Тел. +380932430788, e-mail: bis.khr@gmail.com)

Аннотация: Рассмотрены основные возможности повышения эффективности процессов регенерации этанола за счет интенсификации процессов массообмена. Стратегия выбора технологии регенерации этанола должна основываться на требованиях рынка и охраны окружающей среды.

Abstract: The approaches of efficiency increasing, process for the regeneration of ethanol and correct in mass transfer processes were discussed. The strategy of selection of technology for the regeneration of ethanol should be based on market demands.

Ключевые слова: повышения эффективности, технология получения пектина, регенерация этанола, массообменные процессы.

Keywords: efficiency enhancement, pectin technology, regeneration of ethanol, mass transfer processes.

В производстве пектина на этапе его осаждения используется большое количество этанола до 100 т этанола/1 т товарного пектина. После осаждения отфильтрованный и нейтрализованный водный раствор этанола концентрацией 50–60 % подвергается регенерации перегонкой в ректификационных колоннах. Большое значение уделяется снижению стоимости процесса перегонки путем поиска его оптимальных параметров как технологических [1, 2], так и управленческих. Основными шагами по повышению экономических показателей процесса с учетом концепции управления производством «шесть сигм» могут быть: улучшение процессов; улучшение продукции; улучшение отношений с инвесторами (собственниками компании); увеличение эффективности методологии проектирования; улучшение работы с поставщиками; улучшение обучения и набора персонала. Суть в том, что традиционные методики управления качеством ориентированы на обеспечение качества для улучшения продукта, а не для удовлетворения требований потребителя. Метод «шесть сигм» сформирован с помощью прямой корреляции между числом дефектов продукции, увеличением производственных расходов и уровнем удовлетворенности потребителей. Суть концепции сводится к необходимости улучшения качества выходов каждого из процессов, минимизации дефектов и статистических отклонений в операционной деятельности.

Концепция использует методы управления качеством, в том числе, статистические методы, требует использования измеримых целей и результатов, а также предполагает создание специальных рабочих групп на предприятии, осуществляющих проекты по устранению проблем и совершенствованию процессов. Так, например, с технологической точки зрения при постоянном числе теоретических тарелок, содержании этанола в питательной жидкости, питающей колонну, увеличение концентрации дистиллята может быть достигнуто только за счет увеличения флегмового числа, которое в свою очередь прямо пропорционально расходу пара в колонне. В то же время увеличение концентрации дистиллята приводит к уменьшению количества регенерируемого раствора и снижению расхода пара. Такое влияние концентрации дистиллята на расход пара означает, что есть определенное значение этой концентрации, при котором затраты пара будут минимальными.

Так как изменение затрат на процесс регенерации этанола зависит от изменений расхода пара, то минимальной стоимости процесса соответствует некоторое оптимальное значение концентрации дистиллята. Фактические расходы пара на 15–20% больше расчетных за счет тепловых потерь, подача недогретой до температуры кипения питательной жидкости, повышенной температуры в кубе колонны. Подавляющее число теоретических тарелок в концентрационной части колонны – 10, что соответствует 22 действительным тарелкам при КПД тарелок 0,45. Увеличение числа тарелок приводит к незначительному снижению затрат, если концентрация дистиллята близка к оптимальной.

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи: теоретическое обоснование интенсификации процесса; экспериментальное исследование гидродинамики и массообмена в колонне с регулярной насадкой из гофрированных сетчатых и листовых материалов; разработка предложений по применению и совершенствованию конструкции. Для выполнения поставленных целей необходимо провести: исследование и определение гидравлического сопротивления одного метра сухой и орошаемой насадки при различных скоростях газа; исследование процесса массообмена при различных нагрузках по газовой и жидкостной фазе; проведение сравнительной оценки насадки из гофрированной сетки с насадками из других гофрированных материалов; определение целенаправленности производства и областей применения насадок из гофрированных листов.

Объектами исследований являлись: образцы пектиносодержащих выжимок – яблочные выжимки, свекловичный жом и цитрусовые отжимы, образцы свекловичного, яблочного и цитрусового пектинов. При разработке конструкций новых аппаратов основным методом являлось стендовое моделирование на основе экспериментальных данных. Опытно-промышленные испы-

тания проведены на экспериментальном и опытном оборудовании УкрНИИХиммаша (Харьков). Теоретической и методологической основой исследования стали работы современных отечественных и зарубежных ученых в области технологии пектинов.

В соответствии с целями эксперимента определены следующие гидродинамические и массообменные характеристики в колонне с регулярной насадкой из гофрированных сетчатых и листовых материалов в процессе регенерации этилового спирта при производстве пектина из сырых яблочных выжимок:

- 1) гидравлическое сопротивление одного метра сухой и орошаемой насадок для различных скоростей газа;
- 2) исследованы процессы массообмена при различных нагрузках по газовой и жидкостной фазам;
- 3) проведена сравнительная оценка насадки из гофрированной сетки с насадками из других гофрированных материалов;
- 4) определены возможности направленного изготовления и областей применения насадок из гофрированных листов.

Для проведения эксперимента было изготовлено несколько видов блоков насадки из гофрированных материалов: гладкий лист; гладкий лист с прорезями; перфорированный лист; перфорированный лист с крупным гофром; из тканой сетки ламельной; из тканой сетки рулонной. Результаты проведенного эксперимента по определению F-фактора (кг/(с·м)/число теоретических тарелок на 1 м насадки разных типов: 1 – ламельная из сетки; 2 – рулонная из сетки; 3 – из листа без прорезей; 4 – из листа с прорезями; 5 – из перфорированного листа; 6 – из перфорированного листа с большим гофром - представлены в табл. 1.

Таблица 1. Зависимость F-фактора/число теоретических тарелок для 1 м различных насадок

Показатели для 1 м разных типов насадки в зависимости от нагрузки по пару												
1	0,25/6,45	0,5/6,41	0,65/6,32	0,75/6,3	1/6,27	1,25/6,24	1,5/6,21	1,75/6,18	2/6,14	2,25/6,12	2,35/6,09	2,5/6,06
2	0,25/3,5	0,5/3,31	0,65/3,12	0,75/3,06	1/3	1,25/2,93	1,5/2,78	1,75/2,75	2/2,56	2,25/2,5	2,35/2,38	–
3	0,25/1,87	0,5/1,81	0,65/1,78	0,75/1,75	1/1,72	1,25/1,75	1,5/1,76	1,75/1,81	2/1,87	2,25/1,93	2,35/1,94	2,5/1,94
4	0,12/2,5	0,25/2,48	0,5/2,46	0,75/2,43	1/2,4	1,25/2,37	1,5/2,36	1,75/2,31	2/2,18	2,25/2,17	2,5/2,17	–
5	0,25/2,43	0,5/2,37	0,75/2,31	1/2,25	1,25/2,23	1,5/2,29	1,75/2,31	2/2,4	2,25/2,5	2,35/2,65	2,5/2,7	–
6	0,125/1,375	0,25/1,375	0,5/1,375	1/1,385	1,25/1,39	1,5/1,375	1,75/1,375	2/1,375	2,5/1,375			

Экспериментально разработаны оптимальные технологические параметры отбора пектиновых веществ: соотношение яблочных отжимок и экстрагента, температура процесса, pH среды

и продолжительность процесса гидролиза. Во время исследований установлена зависимость (F-фактор), которая характеризует пределы измерения нагрузок по пару и изменяется от 0,5 до 3,5.

Таблица 2. Зависимость перепада давления от нагрузки по газу для разных типов насадок

Показатели F-фактор/ ΔP /ТТ для одной теоретической тарелки										
1	0,5/4	0,75/4	1/8	1,25/12	1,5/18	1,75/24	2/30	2,25/40	2,5/50	2,75/60
2	0,5/10	0,75/12	1/17	1,25/26	1,5/38	1,75/58	2/78	2,25/100	2,5/124	–
3	0,2/12	0,5/14	1/32	1,25/46	1,5/58	1,75/82	2/100	2,25/117	2,5/130	–
4	0,5/2	0,75/8	1/14	1,25/22	1,5/32	2/72	2,25/97	2,5/136	–	–
5	0,5/10	0,75/20	1/28	1,25/36	1,5/44	1,75/56	2/66	2,25/80	2,5/100	–
6	0,5/6	0,75/10	1/15	1,25/24	1,5/34	1,75/46	2/58	2,25/72	2,5/84	–

После обработки экспериментальных данных, полученных для каждого типа насадок, были установлены зависимости числа теоретических тарелок в 1 м насадки от нагрузки по газу (F-фактор). Из анализа этих зависимостей видно, что практически эффективность каждой насадки постоянная при увеличении скорости газа. Наибольшую эффективность имеет насадка с гофрированной сетки, наименьшую – насадка из гофрированного листа с крупным гофром. При одинаковом гофре (10 мм) из насадок из листовых материалов наиболее эффективной является насадка из гофрированного перфорированного материала, наименее эффективной – насадка без перфорации. Высокие разрешающие свойства насадки ламельной из гофрированной тканой сетки обусловлены хорошо развитой поверхностью контакта фаз; жидкой – за счет капиллярного эффекта, возникающего в ячейках сетки, газовой – за счет турбулизации газа в системе перекрещивающихся каналов. Эффективность рулонной насадки в два раза ниже, чем ламельной из сетки, хотя они изготовлены из одного и того же материала и имеют практически одинаковую удельную поверхность. Это объясняется различными гидравлическими условиями в насадке.

Проведенные комплексные теоретические и экспериментальные исследования технологии производства пектиновых веществ позволили разработать научную концепцию, заключающуюся в теоретическом обосновании и экспериментальном подтверждении возможности интенсификации процессов.

Список литературы

1. Бухкало С.І., Зіпунніков М.М. Аналіз ефективності насадок при регенерації етилового спирту у виробництві пектину. XV міжд. научн.конф. «Совершенствование процессов и оборудования пищевых и химических производств». Т. 1. № 43, ОНАПТ, – Одесса, 2013. С. 80 – 84.
2. Товажнянский Л.Л., Бухкало С.І., Ольховська О.І. та ін. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах. Київ «Центр учбової літератури»: 2011, с. 664–681.